University of Khartoum

Faculty of Engineering

Department of Electrical Engineering

Investigation of Air Pollution in Port Sudan City Due to Nitrogen Oxides (NO_x) Exhaust Emissions from Stationary Diesel Generators

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of

M.Sc. in Electrical Power Systems

Prepared by:

Aban Arop Yor Ayik

Supervised by:

Dr. Mohammed Ahmed Abdel Bagi Siraj

January 2009

Dedication

To my beloved father, late Ustaz Arop Yor Ayik, who made the world a better place for us, by investing all he had on our education.

Acknowledgment

I wish to express my deepest appreciation to my supervisor, Dr. Mohammed Ahmed Abdel Bagi Siraj, for his endless encouragement, patience and guidance throughout finishing this thesis.

I am very grateful to my husband Papiti, my daughters Agyedh and Mer and my son Mojwok, who showed support by understanding while I spent many hours in conducting research and writing this thesis. It was only through their encouragement that this thesis was completed.

I extend my sincere thanks to my mother, Elizabeth Arek, for her support and encouragement by bearing the burden of looking after my children while doing my courses in Khartoum, I am very grateful to her. I also extend my gratitude to my brothers, Kwathi and Lam, in the United Kingdom for their follow up and support while purchasing the exhaust gas analyzer. Many thanks go to Thabo, Jago, and Pawil for their concern and encouragement.

I would also like to thank Engineers Mahgoub Al Thayeb and Ali Sayedna from Generation Section, Department of Electrical Engineering, Sea Ports Corporation (SPC) for their help by making available to me all required technical data. Many thanks also go to the National Electricity Corporation staff, in general, in Port Sudan for showing support by sharing their knowledge and documents with me and special thanks go to engineer Al Sadiq Adam for helping me in taking my measurement from Station (A). I am also very grateful to William Olwak and Odong Arop for their help while taking measurements.

Abstract

The main objective of this study is to investigate air pollution in Port Sudan city due to nitrogen oxides (NO_x) exhaust emissions from stationary diesel generator units located in certain areas of Port Sudan city (areas east city, Port Sudan harbor, eastern parts of city center and the National Electricity corporation station-Station A).

This objective is achieved by measuring nitrogen oxides concentration in exhaust emissions from diesel generator units and estimating nitrogen oxides emission rates. Nitrogen oxides concentrations are measured using a single gas exhaust gas analyzer (the Kane Auto 1-NO_x gas analyzer) and measurements are taken directly from the exhaust pipes of the diesel engines driving the generator. Nitrogen oxides emission rates are calculated in g/kWh using United States Environmental Protection Agency (U.S EPA) test method no.19 which is used for determination of sulphur dioxide removal efficiency and particulate matter, sulphur dioxide, and nitrogen oxides emission rates.

Calculated nitrogen oxides emission rates are then compared with U.S EPA emission standards for stationary compression ignition engines. Many diesel generators are found exceeding standards and Chinese type single cylinder type of generators together with diesel generators located in station (A) of the National Electricity Corporation are found to have the highest NO_x emissions.

Future works on pollution problems encountered in Port Sudan are recommended.

المستخلص

الهدف الاساسي لهذه الدراسة هو البحث في تلوث الهواء في مدينة بورتسودان نتيجة أكاسيد النيتروجين المنبعثة من عادم وحدات التوليد الكهربائية الثابتة التي تعمل بوقود الديزل في مناطق معينة بمدينة بورتسودان (المنطقة شرق المدينة، منطقة ميناء بورتسودان، المنطقة الشرقية لوسط المدينة ومحطة الهيئة القومية للكهرباء- محطة التوليد(أ)

تم تحقيق هذا الهدف بأخذ قياسات (قراءات) لتركيز أكاسيد النيتروجين المنبعثة من عادم وحدات المولدات التي تعمل بوقود الديزل ومن ثم تحديد معدل أكاسيد النيتروجين المنبعثة منها. تم قياس تركيز أكاسيد النيتروجين بإستخدام جهاز محلل غازات العادم أحادية الغاز موديل (Kane auto 1-Nox gas analyzer). حيث تم أخذ القراءات مباشرة من فوهة ماسورة العادم لماكينات الديزل المحركة للمولدات.

تحسب معدل إنبعاث أكاسيد النيتروجين بوحدة تعرف بإسم جرام/ كيلوواط- ساعة بإستخدام معيار وكالة حماية البيئة التابعة للولايات المتحدة الامريكية المعروفة بطريقة الاختبار رقم 19 (Test Method No.19) والتي تستخدم لتحديد كفاءة إزالة ثاني أكسيد الكبريت ومعدل إنبعاث المواد العالقة و أكاسيد النيتروجين. تمت مقارنة معدل إنبعاث أكاسيد النيتروجين المحتسبة من بيانات القياسات مع تلك الموجودة في معايير وكالة حماية البيئة التابعة للولايات المتحدة الامريكية (US EPA) والخاصة بماكينات الديزل الثابتة. ولقد وجد ان معظم المولدات التي تم إختبارها تحتوي علي معدل عال للتلوث من أكاسيد النيتروجين خاصة المولدات صينية الصنع أحادي السلندر ومولدات المحطة (أ) التابعة للهيئة القومية للكهرباء.

في الختام أوصي البحث بأجراء بحوث مستقبلية حول مشاكل تلوث الهواء في مدينة بورتسودان

Table of Contents

List of Tables

List of Figures

List of Charts

List of Photos